

Edición especial
XXII
Reunión
Latinoamericana
del MAÍZ

Comunicado/Communicate
Sección/Section B
11 (17), 46 – 53

Desarrollo de un híbrido de maíz de grano blanco para consumo en fresco en Ecuador

Desarrollo de un híbrido de maíz de grano blanco en Ecuador

José F. Eguez Moreno[1], Pablo W. Pintado[1], Favio L. Ruilova Narvaez[1], José L. Zambrano Mendoza[2*], Jean P. Villavicencio Linzán[3], Marlon B. Caicedo Villafuerte[3], Francisco D. Alarcón Cobeña[4], Eddie E. Zambrano Zambrano[4], Jimmy R. Limongi Andrade[4], Carlos F. Yánez Guzmán[2], Luis A. Narro[5], Félix M. San-Vicente[6].

[1] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP, Programa de Maíz, Estación Experimental del Austro. Gualaceo, Ecuador.
[2] INIAP, Programa de Maíz, Estación Experimental Santa Catalina. Mejía, Ecuador.
[3] INIAP, Programa de Maíz, Estación Experimental Pichilingue. Quevedo, Ecuador.
[4] INIAP, Programa de Maíz, Estación Experimental Portoviejo. Portoviejo, Ecuador.
[5] Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo-CIMMYT, Programa de Maíz para Sudamérica. Cali, Colombia.
[6] CIMMYT-Programa de Maíz. Texcoco, México.
*Autor para Correspondencia / Corresponding Author, e-mail: jose.zambrano@iniap.gob.ec

Development of a white maize hybrid for fresh consumption in Ecuador

Abstract

This document describes the process of selection and development of the first white grain maize hybrid developed for human consumption in Ecuador. In 2007, in the province of Loja, Ecuador, 114 experimental maize hybrids from the International Center for the Improvement of Maize and Wheat (CIMMYT) were evaluated. In 2008, the best materials were evaluated in several locations in the provinces of Loja, Santa Elena and Guayas. Through participatory evaluation, producers systematically selected the single-cross hybrid HEZCA 3056 (INIAP H-248 "Soberano") in trials carried out at various locations from 2011 to 2015. The hybrid of white grain and crystalline texture had the ideal culinary characteristics for human consumption in fresh and for agro industrial processes. The INIAP H-248 "Soberano" had an average experimental yield of 9.2 t ha^{-1}, adjusted to 13% humidity, with a range of 7.0 to 11.4 t ha^{-1}.

Key words: Adaptability, Food security, Plant breeding.



Editado por / Edited by:
Gabriela Albán

Recibido / Received:
2018/04/15

Aceptado / Accepted:
2018/10/19

Publicado en línea / Published online:
2019/05/20

Resumen

Este documento describe el proceso de selección y desarrollo del primer híbrido de maíz de grano blanco desarrollado para consumo humano en Ecuador. En el año 2007, en la provincia de Loja, Ecuador, se evaluaron 114 híbridos experimentales de maíz provenientes del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo

(CIMMYT). A partir del 2008, los mejores materiales se evaluaron en varias localidades de las provincias de Loja, Santa Elena y Guayas. Mediante evaluación participativa los productores seleccionaron de manera sistemática al híbrido simple HEZCA 3056 (INIAP H-248 "Soberano") en ensayos realizados en varias localidades desde el 2011 al 2015. El híbrido simple de grano blanco y textura cristalina posee las características culinarias ideales para consumo humano en fresco y en procesos agroindustriales. El híbrido INIAP H-248 "Soberano" tiene un rendimiento experimental promedio de 9.2 t ha^{-1}, con 13% de humedad, con un rango de 7.0 a 11.4 t ha^{-1}.

Palabras clave: Adaptabilidad, Mejoramiento genético, Seguridad alimentaria.

IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE MAÍZ

El maíz es uno de los cereales más importantes del mundo. Es un insumo clave para una gran cantidad de agroindustrias dedicadas a la alimentación humana y animal, cuyo producto final puede ser concentrados, aceites, almidones, bebidas alcohólicas, ácido cítrico, ácido glutámico, saborizantes, biocombustibles (etanol y biodiesel) o materia prima para elaborar productos químicos como los biomateriales. La producción mundial de maíz para el 2016 fue de 1060 millones de toneladas, donde Estados Unidos, China, Brasil, Unión Europea, Argentina, México, constituyen el 75.50% de la producción mundial; el resto de la producción lo aportan principalmente: Ucrania, India, Canadá, Rusia, Indonesia, Filipinas, Nigeria, Sudáfrica, Turquía y Egipto [1].

En Ecuador, el maíz duro de tipo amarillo es el segundo en importancia de los cultivos transitorios después del arroz y es la principal materia prima para la industria de alimentos balanceados. Se estima que entre los años 2013 al 2015 la superficie sembrada pasó las 300,000 hectáreas, siendo el Litoral ecuatoriano con cuatro provincias (Los Ríos, Manabí, Guayas y Loja) las que contribuyeron con el 78.39% de esta superficie [2,3].

Para maíces de grano blanco cultivados en el Litoral ecuatoriano no se dispone de información estadística, pero se conoce que la producción está mayormente concentrada en la provincia de Manabí, en donde los productores cultivan maíces criollos semi-cristalinos o variedades mejoradas de libre polinización; entre los cuales sobresale la variedad INIAP 528 que tiene 29 años desde su liberación comercial [4]. En el resto de provincias del Litoral o Costa se cultiva principalmente maíz de grano amarillo duro para la elaboración de balanceados, por lo que el desarrollo de un maíz blanco de consumo humano se convierte en una alternativa viable para diversificar la producción de maíz y que los productores puedan acceder a un mejor ingreso.

El Programa Nacional de Maíz del INIAP tiene como objetivo generar variedades e híbridos tolerantes a enfermedades, con alto potencial de rendimiento, para lo cual el INIAP desarrolló el primer híbrido simple de maíz blanco duro INIAP H-248 "Soberano" que reúne las características de productividad y culinarias ideales para consumo humano y procesos agroindustriales para la región Litoral o Costa del Ecuador.



Origen y desarrollo del híbrido

En el año 2007, investigadores del Programa Nacional de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) evaluaron en el sur occidente de la provincia de Loja, en los cantones Pindal, Célica y Paltas, 114 híbridos de maíz procedentes del CIMMYT. Al momento de la cosecha se realizó una evaluación participativa en la cual los productores (as) seleccionaron los tres mejores híbridos, en una matriz técnica formulada para tal propósito, las características consideradas fueron: altura de planta y mazorca, cobertura de mazorca, tamaño y profundidad de grano, facilidad a la cosecha, pudrición de mazorca y rendimiento. Los resultados obtenidos permitieron identificar entre uno de los híbridos seleccionados al HEZCA-3056 (Híbrido Experimental Zona Cafetalera), proveniente de CIMMYT, Colombia.

En el año 2008 se solicitó al CIMMYT semilla de las líneas parentales del híbrido seleccionado. El origen de la línea hembra es PM03B-23-19 y el de la línea macho es PM03B-023-20. La semilla de las líneas progenitoras se incrementó mediante autofecundaciones que se realizaron por 4 ciclos (invierno y verano) durante los años 2009 y 2010, teniendo en cuenta la tolerancia a las principales enfermedades tales como: Cercospora (*Cercospora zeae-maydis*), mancha de asfalto (*Phyllachora maydis, Monographella maydis* y *Coniothyrium phyllachorae*), Roya (*Puccinia sorghi*), Mancha de la hoja (*Bipolaris maydis*) y Pudrición de mazorca (*Fusarium spp*); además de características agronómicas como: cobertura de mazorca, tamaño y profundidad de grano y rendimiento de grano. En el año 2010, en Loja-Catacocha, Granja Experimental El Almendral "Hugo Vivar" del INIAP, se incrementó en parcelas aisladas a libre polinización la semilla de las líneas parentales. Durante los años 2011 a 2015 se formó el híbrido simple (F1) en la Granja Garza Real para su posterior evaluación en campos de agricultores, en diferentes ambientes.

En el año 2011, se implementaron ensayos de rendimiento en Pindal y Palta (Provincia de Loja) con ocho híbridos experimentales, se usó un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones, cuatro surcos por parcela separados a 0.80 m entre hileras, por 0.50 m entre plantas, depositando dos semillas por sitio.

En el año 2013, en Zapotillo (Provincia de Loja), se evaluaron los híbridos experimentales con un Diseño Látice en tres repeticiones, se sembraron cuatro surcos separados a 0.80 m entre hileras y 0.50 m entre plantas, depositando dos semillas por sitio; al momento de la cosecha se evaluaron dos surcos centrales que conforman la parcela neta de 8.32 m^2.

En el año 2014, se implementaron cuatro ensayos de rendimiento en las provinvias de Santa Elena y Loja, en todos los ensayos se usó un Diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones, se sembraron dos surcos por cada material, separados a 0.80 m entre hileras y a 0.20 m entre plantas depositando dos semillas por sitio, con una densidad de 62500 plantas por hectárea.

En el año 2015, se sembraron cinco ensayos de rendimiento, en las provincias de Loja y Santa Elena para evaluar el comportamiento de los híbridos experimentales (seleccionados en años anteriores) en diferentes zonas. En todos los ensayos se usó un

diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, se sembraron dos surcos por cada material, con la misma distancia y densidad de siembra del año anterior. El manejo de los experimentos y de las parcelas de validación se realizó según las recomendaciones técnicas emitidas para el efecto [5].

Características del híbrido

Tabla 1 presenta las características morfológicas y de calidad de grano de INIAP H-248 "Soberano", en donde se destacan algunas variables del tallo, hojas, flores y grano. El peso hectolitrito de 78.6 indica que este grano sirve para la preparación de: harinas pre-cocidas (arepas, tortillas, tamales, bisquets, souflés, etc.), coladas, pudines, pasteles, salsas y en preparaciones con requerimientos de viscosidad y *grits* para la elaboración de hojuelas. El grano sirve también para elaborar productos expandidos tipo "mafaldas" o "popetas" [6].

TABLA 1. Características morfológicas del híbrido de maíz INIAP H-248 "Soberano".

Característica *	Promedio
Pubescencia del tallo: (% de plantas) Escasa Media	 98 2
Número de hojas sobre la mazorca superior	8
Color de estigmas: (% de plantas): Púrpura oscuro Púrpura claro	 5 95
Tipo de panoja: (% de plantas) Primaria Secundaria Terciaria	 0 90 10
Color de panoja: (% de plantas) Púrpura claro Crema	 95 5
Longitud de mazorca (cm)	22
Diámetro de mazorca (cm)	7
Número de hileras	16
Granos/hilera	38
Color de tusa: (% de mazorcas): Blanca	 100
Peso de 1.000 semillas (g)	400
Tamaño de grano (mm)	14
Tipo de grano	Duro
Color de grano	Blanco
Proteína (%)	10
Almidón (%)	64

* Datos promedio de localidades entre 40 a 1200 m. s.n.m, basados en descriptores para maíz [7].



Rendimientos experimentales

En el 2011, primer año de implementación de ensayos con el híbrido F1 formado en Ecuador, INIAP H-248 "Soberano" se ubicó por rendimiento en el rango más alto, según Tukey al 5%, en las dos localidades de evaluación (Pindal y Palta), lo que permitió que este material continúe con el proceso de evaluación. En el 2013, en la evaluación realizada en Zapotillo, Loja, INIAP H-248 "Soberano" obtuvo un rendimiento promedio de 10.2 t ha^{-1}, con 13% de humedad, donde superó en rendimiento de grano a híbridos comerciales como: DEKALB 1596, DEKALB 7088, PIONNER 30K75, Triunfo, Trueno, AGRI 104 y Tornado, que obtuvieron rendimientos promedios en un rango de 7.8 a 9.8 t ha^{-1}; sin embargo, no existieron diferencias estadísticas significativas, según Tukey al 5%, entre los híbridos comerciales y el INIAP H-248 "Soberano" (datos no mostrados).

TABLA 2. Rendimiento de grano al 13% de humedad de cuatro híbridos experimentales de maíz y cuatro testigos comerciales en cuatro localidades de las provincias de Santa Elena y Loja. 2014.

Híbridos	Rendimiento t ha^{-1}			
	Santa Elena		Loja	
	Zapotal	Colonche	Pindal	Garza Real
INIAP H-824 Lojanito^{T}	7.68 ab*	5.96 a	7.34 abcd	8.60 ab
Austro 1	5.84 c	2.32 ab	6.50 cd	7.61 b
HEZCA 315	8.27 ab	2.94 ab	7.72 abc	8.68 ab
HEZCA 317	7.29 bc	4.73 ab	7.35 abcd	8.69 ab
HEZCA 3056 (INIAP H-248 "Soberano")	9.19 a	4.84 ab	8.74 a	9.87 a
AGRI 104^{T}	7.01 bc	3.63 ab	5.81 d	8.02 b
AGRI 201^{T}	6.61 bc	2.10 b	6.80 bcd	8.29 ab
SOMMA^{T}	7.63 abc	3.64 ab	8.34 ab	8.33 ab
C.V. %	12.54	49.41	11.08	10.32

* Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según Tukey al 5%
^{T}Testigo comercial

En el 2014, INIAP H-248 "Soberano" alcanzó nuevamente los rendimientos más altos y el primer rango de significancia estadística en tres de las cuatro localidades evaluadas, con excepción de Colonche en la provincia de Santa Elena, donde el ensayo tuvo problemas de estrés hídrico Tabla 2. En el 2015, INIAP H-248 "Soberano" reafirmó su buen comportamiento obtenido en años anteriores, alcanzando los mayores rendimientos en los cinco ensayos realizados en las provincias de Santa Elena y Loja. El análisis combinado lo ubicó en el primer lugar, con 8.8 t ha^{-1}, donde comparte el primer rango de significancia, según Tukey al 5%, con el híbrido comercial Autentica "Tabla 3".

TABLA 3. Rendimiento de grano ajustado al 13% de humedad de cuatro híbridos comerciales y cuatro experimentales de maíz en cinco localidades de las provincias de Santa Elena y Loja. 2015.

Híbridos	Rendimiento (t/ha)					
	Sta. Elena	Loja				Combinado
	El Azúcar	Pindal	Zapotillo Añalcal	Zapotillo Alto de la Cruz	Zapotillo Garza Real	
INIAP H-824 Lojanito [T]	8.55 ab*	6.20 bcd	6.82 bc	7.91 b	8.64 c	7.62 cd
HEZCA 317	8.59 ab	5.77 cd	6.34 c	8.28 b	8.92 bc	7.59 cd
HEZCA 315	8.03 ab	5.44 d	7.20 abc	7.79 b	8.64 c	7.42 cd
Cml451 x Cml481	5.52 c	5.16 d	6.50 c	8.21 b	9.11 abc	6.90 d
HEZCA 3056 [S]	8.77 a	7.48 a	8.32 a	9.74 a	9.90 a	8.84 a
SOMMA [T]	7.17 b	6.66 abc	7.13 abc	7.79 b	8.76 c	7.50 cd
Autentica [T]	8.98 a	7.10 ab	8.08 ab	9.71 a	9.77 ab	8.73 ab
DK7088 [T]	8.59 ab	6.94 abc	6.67 c	9.28 a	8.89 bc	8.07 bc
C.V %	9.72	9.99	9.87	6.23	5.33	

* Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según Tukey al 5%
[T] Testigo comercial
[S] INIAP H-248 Soberano

Rendimiento en parcelas semi-comerciales

En el año 2014, se implementó una parcela de validación semi-comercial de una hectárea en el sector Zapotal, provincia de Santa Elena. En el año 2015, se continuó con la validación en la provincia de Imbabura, sector Lita, y en el sector Las Balsas y El Azúcar de la provincia de Santa Elena. Adicionalmente, se estableció una parcela en el sector El Maicito, La Guayaquil de la provincia de Guayas. Las parcelas establecidas en el 2015 tuvieron un tamaño de 400 m^2.

En la parcela implementada en el año 2014, en el sector Zapotal, provincia de Santa Elena, se obtuvo un rendimiento de 7.9 t ha^{-1}, con el 13% de humedad. En el año 2015, se continuó con la validación en la provincia de Imbabura, sector Lita y se obtuvo un rendimiento de 8.0 t ha^{-1}; en el mismo año se validó en el sector El Azúcar de la provincia de Santa Elena y se obtuvo un rendimiento de 8.2 t ha^{-1}; en donde se realizó un día demostrativo en el que participaron Autoridades del Ministerio de Agricultura, Técnicos de la Empresa Privada y del INIAP. Las evaluaciones que se llevaron a cabo en las localidades de: Las Balsas y El Azúcar en la provincia de Santa Elena y en el cantón Balzar,



sector el Maicito de la parroquia La Guayaquil de la provincia de Guayas obtuvieron rendimientos de 11.4 t ha^{-1}, 9.5 t ha^{-1} y 11.1 t ha^{-1}, respectivamente.

En base a la investigación y desarrollo experimental realizados desde el 2007 por investigadores del Programa Nacional de Maíz del INIAP y a evaluaciones participativas realizadas con productores (as) de la provincias de Santa Elena, Guayas y Loja, el INIAP y el CIMMYT liberaron el híbrido INIAP H248 "Soberano" el 16 de julio del 2016 en la provincia de Santa Elena. Es necesario validar el comportamiento de este híbrido en zonas maiceras de las Provincias de Los Ríos y Manabí.

AGRADECIMIENTO

A los productores que participaron en las evaluaciones participativas de las Provincias de Loja, Santa Elena, Guayas e Imbabura, por apoyarnos en la selección del Híbrido. Al Ing. M.C. Luís Minchala, por ayudarnos en el análisis de estabilidad que apoyó en la selección del híbrido. A los organizadores de la XXII Reunión Latinoamericana del Maíz, en la cual se presentó un resumen del presente trabajo.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

José Egüez Moreno y Pablo Pintado diseñaron la investigación, coordinaron, ejecutaron las actividades durante el periodo de desarrollo del híbrido y realizaron los análisis y el informe técnico; Favio Ruilova apoyó en el manejo agronómico de ensayos y líneas parentales; José Luís Zambrano y Carlos Yánez escribieron el documento y realizaron el seguimiento y apoyo metodológico durante la investigación; Ricardo Limongi colaboró en la escritura del manuscrito; Paúl Villavicencio, Marlon Caicedo, Daniel Alarcón, Eddie Zambrano, apoyaron en la evaluación de ensayos; Luís Narro y Félix San Vicente contribuyeron con el material de origen y apoyaron en los análisis e interpretación de los resultados.

REFERENCIAS

[1] FAOSTAT (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *FAOSTAT Database*. Disponible en: http://www.fao.org/faostat/en/#data. Consultado octubre de 2018.

[2] INEC (2014). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua – ESPAC. Quito, Ecuador. Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-2014/; consultado Enero 2018.

[3] Aguilar, D., Andrade, D., Álava, D., Burbano, J., Díaz, M., Garcés, A., Jiménez, W., Leiva, D., Loayza, V., Muyulema, W., Pérez, P., Ruiz, V., Simbaña, B., Yépez,R. (2015). *Estimación de superficie sembrada de arroz (Oriza sativa L.) y maíz amarillo duro (Zea mays L) en las épocas de invierno y verano año 2015, en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas, Santa Elena, Loja y El Oro. Quito, Ecuador*.

[4] INIAP (1998). *INIAP.528, variedad de maíz blanco con alta calidad de proteína para consumo en choclo.* Plegable No. 102. Portoviejo, Ecuador. Disponible en: http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1322; consultado Abril 2018.

[5] Villavicencio, P., Zambrano, J. (2009). *Guía para la producción de maíz amarillo duro en la zona central del Litoral Ecuatoriano*. In: http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1551/1/Bolet%C3%ADn%20divulgativo%20N%C2%BA%20353.PDF; consultado October 2017.

[6] INIAP (2015). *Informe anual del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina*. Quito, Ecuador.

[7] IBPGRI. (1991). *Descriptors for maize*. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy.